

Mit Licht in den vierdimensionalen Raum blicken

geschrieben von Andreas Potthoff | 23. November 2021

Forscherteam entwickelt erstmals ein Lichtfeld, welches die Struktur des vierdimensionalen Raums widerspiegelt

Licht wird in modernen Anwendungen zu verschiedenen Zwecken eingesetzt. Daten lassen sich zum Beispiel mit Licht übertragen und nanoskopische Strukturen durch Licht erzeugen. Um solche Anwendungen zu ermöglichen, muss das Licht räumlich strukturiert werden. Dazu werden seine Eigenschaften – Intensität (Helligkeit), Phase (Position im Schwingungszyklus) und Polarisation (Richtung der Lichtschwingung) – „maßgeschneidert“. Typischerweise entstehen so im dreidimensionalen Raum strukturierte Lichtfelder, zum Beispiel durch die Anwendung eines Hologramms. Darüber hinausgehend hat nun ein internationales Forscherteam um Prof. Dr. Cornelia Denz von der Westfälischen Wilhelms-Universität (WWU) Münster und Prof. Dr. Mark Dennis von der Universität Birmingham (Großbritannien) eine Methode entwickelt, mit der das Licht derart strukturiert wird, dass eine Projektion aus dem vierdimensionalen Raum entsteht. Die Ergebnisse wurden jetzt in der Fachzeitschrift „Nature Communications“ veröffentlicht.

Das Team hat die komplexe Lichtstruktur zunächst theoretisch (mathematisch) vorhergesagt und sie anschließend experimentell realisiert und vermessen. Die Struktur nennt sich Hopfion, benannt nach dem deutsch-schweizerischen Mathematiker Heinz

Hopf. Sie sieht – vereinfacht gesagt – aus wie zahllose ineinander verschlungene Ringe, und die Projektion in den dreidimensionalen Raum ist vergleichbar mit der Projektion der dreidimensionalen Erde auf eine zweidimensionale Landkarte. Im Gegensatz dazu wird beim Hopfion jedoch ein Teil des vierdimensionalen in den dreidimensionalen Raum übertragen. Das bedeutet: Aus den Messungen im dreidimensionalen Raum lassen sich Rückschlüsse auf die Eigenschaften der vierten Dimension ziehen.

Die Suche nach vierdimensionalen Lichtfeldern beschäftigt die Optikgemeinde, weil man mit derart strukturiertem Licht beispielsweise eine Möglichkeit hätte, Daten schneller zu übertragen. „Bei der vierten Dimension handelt es sich um eine mathematische Konstruktion. Vier Dimensionen können wir uns mit unseren Sinnen räumlich nicht vorstellen“, sagt Physiker Ramon Droop von der WWU Münster, einer der Erstautoren der Studie.

Die Wissenschaftler entwickelten ein Verfahren, welches das Licht aus zwei Laserstrahlen in eine etwa $0,2 \times 0,2 \times 50$ Kubikmillimeter große, zum Hopfion verwobene Struktur lenkt. Dies gelang ihnen durch den Einsatz von sogenannten räumlichen Lichtmodulatoren auf Flüssigkristallbasis, mit denen sich die optischen Eigenschaften des Lichts elektrisch kontrollieren lassen.

Das Team entwickelte auch eine neue Aufnahmemethode, mit der die Eigenschaften des Lichts, welche den vier Dimensionen zugeordnet sind, räumlich aufgelöst werden können. Dazu verwendet die Gruppe ein der Tomographie ähnliches Verfahren der Vermessung zweidimensionaler Schnitte, die dann zum dreidimensionalen Raum zusammengesetzt werden. Anschließend kann genau berechnet werden, welcher Teil des vierdimensionalen Raums abgebildet ist.

„Auf der Basis dieser Forschungsergebnisse könnten zukünftig neue Arten von Laserstrahlen entwickelt werden, mit denen

Datenkommunikation sicherer wird. Die Anordnung von Nanostrukturen könnte vielseitiger und einfacher und die Materialbearbeitung präziser gestaltet werden“, gibt Cornelia Denz einen Ausblick.

Originalpublikation

Danica Sugic, Ramon Droop, Eileen Otte, Daniel Ehrmanntraut, Franco Nori, Janne Ruostekoski, Cornelia Denz & Mark R. Dennis (2021): Particle-like topologies in light. Nature Communications 12, 6785; DOI: 10.1038/s41467-021-26171-5

Links:

- Originalveröffentlichung in “Nature Communications”
<https://www.nature.com/articles/s41467-021-26171-5>
-

Quelle: Pressemitteilung / Pressestelle der Universität Münster (upm)